

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-128549
 (43)Date of publication of application : 16.05.1997

(51)Int.Cl. G06T 7/60
 B25J 9/10
 G01B 11/00
 G01B 11/26
 G06T 7/00

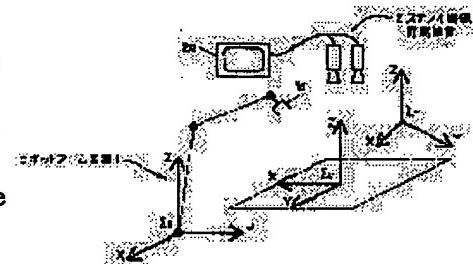
(21)Application number : 07-288298 (71)Applicant : MEIDENSHA CORP
 (22)Date of filing : 07.11.1995 (72)Inventor : FUJIWARA NOBUYUKI
 IGURA KOJI

(54) RELATIVE POSITION ATTITUDE DETECTING METHOD FOR ROBOT SYSTEM

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To exactly detect relative position and attitude relation between a robot arm system and a stereo image measuring instrument.

SOLUTION: In the state in which an arm top end part 1a is displayed in the screen of an imaging device 2a, a rectangle is shown by the arm top end part 1a, for example. Stereo image measurement 2 is performed to the respective apex positions of this rectangle and coordinate transforming calculation is performed to measured data so that a temporary system ΣT transforming a robot system ΣR of the robot arm system 1 or a vision system ΣV of the stereo image measuring instrument 2 to an intermediate system can be provided.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3402021

[Date of registration] 28.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-128549

(43)公開日 平成9年(1997)5月16日

(51)Int.Cl. ^a	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
G 06 T 7/60			G 06 F 15/70	3 5 0 L
B 25 J 9/10			B 25 J 9/10	A
G 01 B 11/00			G 01 B 11/00	H
	11/26		11/26	H
G 06 T 7/00			G 06 F 15/62	4 1 5

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全8頁)

(21)出願番号 特願平7-288298

(22)出願日 平成7年(1995)11月7日

(71)出願人 000006105

株式会社明電舎

東京都品川区大崎2丁目1番17号

(72)発明者 藤原 伸行

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会
社明電舎内

(72)発明者 井倉 浩司

東京都品川区大崎二丁目1番17号 株式会
社明電舎内

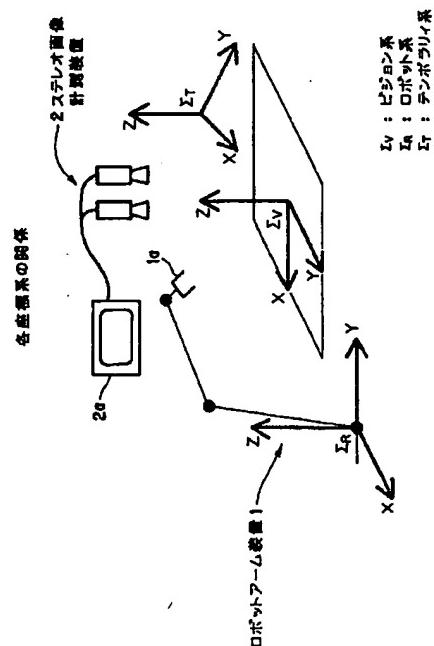
(74)代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54)【発明の名称】 ロボット装置の相対位置姿勢検出方法

(57)【要約】

【課題】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を正確に求める。

【解決手段】 画像装置2aの画面内にアーム先端部1aが映し出される状態で、例えばアーム先端部1aにより長方形を示す。この長方形の各頂点位置をステレオ画像計測し、計測したデータを座標変換計算することにより、ロボットアーム装置1のロボット系 Σ_r やステレオ画像計測装置2のビジョン系 Σ_v を、中間系に変換したテンポラリ系 Σ_t を得る。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

前記ロボットアーム装置のアーム先端部に、背景に対してコントラストの大きい指し棒を把持させ、指し棒の先端が長方形を描くようにロボットアーム装置を動作させたときの長方形の各頂点の位置を、前記ステレオ画像計測装置によりステレオ画像計測し、その計測データを基に座標変換データを計算して中間座標系を求ることでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を求ることを特徴とするロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

【請求項2】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

ロボットアーム装置のある部分にロボットアーム装置の色に対してコントラストの大きなマークを付け、マークが長方形を描くようにロボットアーム装置を動作させたときの長方形の各頂点の位置を、前記ステレオ画像計測装置によりステレオ画像計測し、その計測データを基に座標変換データを計算して中間座標系を求ることでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を求ることを特徴とするロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

【請求項3】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

ロボットアーム装置のある特定の部分が長方形を描くようにロボットアーム装置を動作させたときの長方形の各頂点の位置を、前記ステレオ画像計測装置によりステレオ画像計測し、その計測データを基に座標変換データを計算して中間座標系を求ることでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を求ることを特徴とするロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

2

【請求項4】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

長方形の頂点に背景に対してコントラストの大きなマークを付けたプレートを前記ロボットアーム装置のアーム先端部に固定し、マークの指定位置を前記ステレオ画像計測装置によりステレオ画像計測し、その計測データを基に座標変換データを計算して中間座標系を求ることでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を求ることを特徴とするロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

【請求項5】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

背景に対してコントラストの大きな色の長方形を描いたプレートを前記ロボットアーム装置のアーム先端部に固定し、その長方形の各頂点の位置を前記ステレオ画像計測装置によりステレオ画像計測し、その計測データを前記座標変換データを計算して中間座標系を求ることでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を求ることを特徴とするロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

【請求項6】 ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置を備えるロボット装置の、前記ロボットアーム装置を前記ステレオ画像計測装置の画面内で動作させたときの位置データを基に、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系の両方に共通する中間座標系を作り、この中間座標系を介することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める方法であって、

前記請求項(1)または請求項(2)または請求項(3)または請求項(4)または請求項(5)の方法における長方形の各頂点を示す「マーク」、「指し棒先端」、「長方形の角」の画像データをステレオ画像計測時のパターンマッチングによる対応点検出に用いるパターンとして予め保存しておく、そのパターンによって自動的に長方形の頂点位置をステレオ計測し、そのデータを基に座標変換データを計算することでロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対位置姿勢関係を自動的に求めることを特徴とする請求項(1)または請求項

50

3

(2) または請求項(3)または請求項(4)または請求項(5)のロボット装置の相対位置姿勢検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はロボット装置の相対位置姿勢検出方法に関し、特に、ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置とを備えたロボット装置において、ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係を求める検出方法(キャリブレーション手段)に関するものである。

【0002】

【従来の技術】ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対位置姿勢関係(以下「相対関係」と略す)を求める従来方法としては次のようなものがある。

① 上記両装置を含むロボットシステムの設計データから相対関係を求める方法。

② ロボットシステムを作成した後、人手により必要なデータを計測し、相対関係を求める方法。

③ 上記①の方法で最初のデータを求め、ロボットシステムを動作させた時の誤差を上記②の方法で求めて、相対関係を求める方法。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記③の方法では設計データと実際のロボットシステムのデータとの間に、システム製作時の誤差が生じるため、正しいキャリブレーションを行うことができない。この方法によって正しいキャリブレーションを行うには製作誤差を無くす必要があるが、ロボットシステムに使用する各部品の加工および取り付けにかなりの高精度が要求されるため現実的ではない。

【0004】上記②、③の方法では人手によってキャリブレーションに必要なデータを採取し、計算するという面倒な作業が必要になる。また作業者によって計測誤差が異なりキャリブレーションデータがまちまちになる。

【0005】本発明は、上記従来技術に鑑み、ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置との相対関係を正確かつ簡単に求めることのできるロボット装置の相対位置*

$$T_{AT} = T_{AV} T_{VT}$$

T_{AV} : ロボット系 Σ_A からビジョン系 Σ_V へ座標変換

T_{VT} : ロボット系 Σ_A からテンポラリィな中間系 Σ_T へ

の座標変換

*

$$\therefore T_{AV} = T_{AT} T_{VT}^{-1}$$

【0013】よってロボット系 Σ_A ・ビジョン系 Σ_V それぞれから中間系 Σ_T への座標変換データ T_{AT} 、 T_{VT} を求めれば、ロボット系からビジョン系への変換データ T_{AV} は式(2)により求めることができる。

【0014】次に上記(2)の「ロボット系・ビジョン系から中間系への座標変換データの計算」について説明する。

【0015】ある任意の座標系から中間系への座標変換

4

* 姿勢検出方法を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明では、ロボットアームを、ステレオ画像計測装置の画像装置の画面内で動作させた時の位置データを基に、ロボットアームの座標系およびステレオ画像計測装置の座標系に共通な中間座標系を作り、その座標系を介することでロボットアームとステレオ画像計測装置の相対関係を求める。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を説明する。

【0008】本発明では次の(1)(2)の順に計算を進める。

(1) ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対関係の計算。

(2) ロボット系・ビジョン系から中間系への座標変換データの計算。

【0009】まずははじめに上記(1)の「ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の相対関係の計算」について説明する。

【0010】図1の様に各座標系を設定する。ここで各座標系は次のものである。

ロボット系 : ロボットアーム装置1の座標系

ビジョン系 : ステレオ画像計測装置2の座標系

テンポラリィ系 : ロボットアーム装置1のアーム先端部1aを、ステレオ画像計測装置2の画像装置2aの画面内で動作させた時の位置データを基に計算した、ロボットアーム装置の座標系およびステレオ画像計測装置の座標系に共通な中間座標系

30

【0011】ロボットアーム装置1とステレオ画像計測装置2との相対関係は、ロボット系 Σ_A からビジョン系 Σ_V への座標変換データ T_{AV} (4×4 同次変換行列)として求められる。

【0012】図1の場合、ビジョン系 Σ_V 、ロボット系 Σ_A 、テンポラリィな中間系 Σ_T の関係は次式で表される。

…(1)

$\because T_{VT}$: ビジョン系 Σ_V からテンポラリィな中間系 Σ_T への座標変換

40

…(2)

データを求めるには次のベクトルデータが分かればよい。

- ・任意の座標系から中間系原点への位置ベクトル。
- ・任意の座標系に対する中間系の各軸(X-Y-Z)ベクトルの内2つの方向ベクトル。

【0016】本発明では、図2のように任意の座標系に対するある平面上にある長方形の頂点の位置データを基に、上記のベクトルを計算する。この時、中間系は設定

50

した長方形に対して次の条件を満たすものとする。

- ・原点: 長方形の中心。
- ・X軸: 直線 p_1, p_2 と平行。
- ・Y軸: 直線 p_2, p_3 と平行。

【0017】(2.1) 「中間系の座標軸ベクトルの計算」

について説明する。中間系の各軸の方向ベクトルを次の*

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \frac{x_2 - x_1}{|x|} \\ \frac{y_2 - y_1}{|x|} \\ \frac{z_2 - z_1}{|x|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_x \\ x_y \\ x_z \end{bmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} \frac{x_3 - x_2}{|y|} \\ \frac{y_3 - y_2}{|y|} \\ \frac{z_3 - z_2}{|y|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_x \\ y_y \\ y_z \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

【0019】

$$\mathbf{z} = \begin{bmatrix} x_x y_z - y_x x_z \\ x_z y_x - y_z x_x \\ x_x y_z - x_y y_x \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_x \\ z_y \\ z_z \end{bmatrix} \quad \text{※※【数2】} \quad \dots (4)$$

【0020】(2.2) 「中間系原点への位置ベクトル計

算」について説明する。任意の座標系から中間系原点の

位置ベクトルを次のように求める。

★【0021】

【数3】

$$\mathbf{p} = \begin{bmatrix} (x_1 + x_2 + x_3 + x_4)/4 \\ (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)/4 \\ (z_1 + z_2 + z_3 + z_4)/4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{bmatrix} \quad \dots (5)$$

【0022】(2.3) 「任意の座標系から中間系への座標

変換データの設定」について説明する。上記(2.1), (2.

2)で得られた各軸の方向ベクトルおよび原点の位置ベク

トルより、任意の座標系から中間系への座標変換データ

* ように求める。

X軸: $p_1 \rightarrow p_2$ (xベクトル)

Y軸: $p_2 \rightarrow p_3$ (yベクトル)

Z軸: X軸とY軸の外積 ($x \times y$)

【0018】

【数1】

$$\mathbf{x} = \begin{bmatrix} \frac{x_2 - x_1}{|x|} \\ \frac{y_2 - y_1}{|x|} \\ \frac{z_2 - z_1}{|x|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_x \\ x_y \\ x_z \end{bmatrix}, \quad \mathbf{y} = \begin{bmatrix} \frac{x_3 - x_2}{|y|} \\ \frac{y_3 - y_2}{|y|} \\ \frac{z_3 - z_2}{|y|} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_x \\ y_y \\ y_z \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

※※【数2】

… (4)

★【0021】

【数3】

は次のように設定できる。

【0023】

【数4】

$$\begin{aligned}
 T &= \begin{bmatrix} & & & 7 \\ x & y & z & p \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\
 &= \begin{bmatrix} x_x & y_x & z_x & p_x \\ x_y & y_y & z_y & p_y \\ x_z & y_z & z_z & p_z \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdots (6)
 \end{aligned}$$

【0024】よって式(6)より任意の座標系から中間系への座標変換データを計算できる。

【0025】(2.4)「ロボット系・ビジョン系から中間系への座標変換データの計算」について説明する。式(6)を用いてロボット系およびビジョン系から中間系への座標変換データを求めるには、ロボット系に関する長方形の頂点位置データ($p_{x1}, p_{x2}, p_{x3}, p_{x4}$)およびビジョン系に関する長方形の頂点位置データ($p_{v1}, p_{v2}, p_{v3}, p_{v4}$)を計測し、それらに関して式(6)を計算する。

【0026】各座標系に関する長方形の頂点位置データの計測については、ロボット系においてはロボット各関節の内部センサ(エンコーダー等)のデータを基に、ロボットコントローラから容易に得ることができる。またビジョン系においてはそれを一般に知られているステレオ計測によって得ることができる。よってロボットアームの示す長方形の頂点をステレオ計測することで、ロボット系・ビジョン系両方に共通の中間系への座標変換データを求めるために必要な位置データを得ることができる。

【0027】[実施例]以下に本発明の実施例を説明する。特に、ロボット系及びビジョン系に関する長方形の頂点位置データを計測する手法について説明する。なお以下の各実施例においては、ステレオ画像計測装置2の画像装置2aの画面内に、ロボットアーム装置1のアーム先端部1aが映し出される状態で、ロボットアーム装置1を動作させているものとする。

【0028】第1実施例は、指し棒により長方形位置を指示する方法である。即ち、図3に示すように、背景とのコントラストの大きい指し棒3をアーム先端部1aに把持させ、指し棒3の先端が長方形を描くようにロボットアーム装置1を動作させたときの頂点の位置データを計測し、そのデータを基に座標変換データを計算することでロボットアーム装置1とステレオ画像計測装置2の

相対関係を求める。

【0029】第2実施例は、ロボットに付けたマークにより長方形位置を指示する方法である。即ち、図4に示すように、アーム先端部1aのある部分に、ロボットの色とのコントラストの大きなマーク4を付け、マーク4が長方形を描くようにロボットアーム装置1を動作させたときの頂点の位置データを計測し、そのデータを基に座標変換データを計算することでロボットアーム装置1とステレオ画像計測装置2の相対関係を求める。この方法ではマーク4を付けなくてもロボットアーム装置1上の特定の部分がステレオ画像計測に適する場合はその部分をマークに代用できる。

【0030】第3実施例は、長方形の頂点の位置にマークを付けたプレートを用いる方法である。即ち、図5(a) (b)に示すように長方形の頂点に背景とコントラストの大きなマークを付けたプレート5a, 5bをアーム先端部1aに固定し、マークの指定位置をステレオ画像計測し、そのデータを基に座標変換データを計算することでロボットアーム装置1とステレオ画像計測装置2の相対関係を求める。

【0031】第4実施例は、長方形を描いたプレートを用いる方法である。即ち、図6(a) (b)に示すように背景とコントラストの大きな色の長方形を描いたプレート6a, 6bをアーム先端部1aに固定し、その長方形の頂点位置をステレオ画像計測し、そのデータを基に座標変換データを計算することでロボットアーム装置1とステレオ画像計測装置2の相対関係を求める。

【0032】第5実施例は、ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の自動キャリブレーションである。即ち第1～第4の実施例での、頂点を示す「マーク」、「指し棒先端」、「長方形の角」の画像データをステレオ画像計測時のパターンマッチングによる対応点検出に用いるパターンとして保存しておけば、長方形の頂点位置データを取得してロボットアーム装置1とステレオ画

像計測装置2の相対関係を求める一連の作業を全て自動化できる。このフローチャートを図7に示す。つまり、まずステレオ計測のためのパッチ（小領域）を設定し、次に、長方形頂点位置計測をし、中間座標系の軸方向ベクトルを計算し、中間座標系の原点位置ベクトルを計算し、中間座標系へ変換データ計算をし、そして相対位置姿勢関係データを計算する。

【0033】

【発明の効果】以上具体的に説明したように本発明によれば、ステレオ画像計測装置の画像装置の画像内に、ロボットアーム装置のアーム先端部が映し出される状態でロボットアーム装置を動作させ、このときの位置データを基に座標変換データを計算することにより、ロボット系及びビジョン系をテンポラリ系（中間座標系）に変換するようにしたので、次のような効果が得られる。

【0034】（1）設計データでなく、実際にロボットシステムにより計測したデータを用いるので、システムを製作した際に生じる加工および取り付けによる誤差の影響を受けないため、ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の正確な相対位置姿勢関係を求めることがで

きる。
（2）作業に人手を必要としないため、作業者が変わることによるキャリブレーションデータの相違を取り除くことができる。

* (3) 作業の自動化ができるため、キャリブレーション作業に要する時間を短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】各座標系の関係を示す説明図。

【図2】長方形の頂点位置データを示す説明図。

【図3】長方形位置を指示する指し棒を備えたアーム先端部を示す斜視図。

【図4】長方形位置を指示するマークを付したアーム先端部を示す斜視図。

10 【図5】長方形の頂点位置にマークを付けたプレートを備えたアーム先端部を示す平面図。

【図6】長方形を描いたプレートを備えたアーム先端部を示す平面図。

【図7】自動キャリブレーションの手順を示すフローチャート。

【符号の説明】

1 ロボットアーム装置

1a アーム先端部

2 ステレオ画像計測装置

20 2a 画像装置

3 指し棒

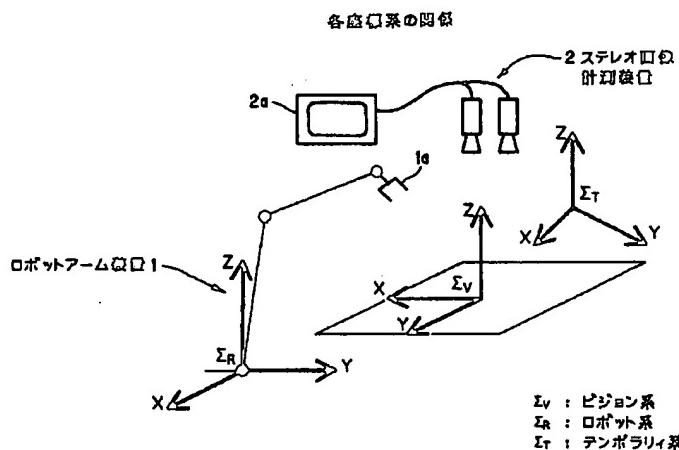
4 マーク

5a, 5b プレート

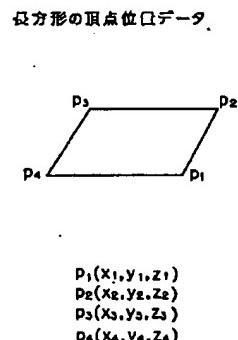
6a, 6b プレート

*

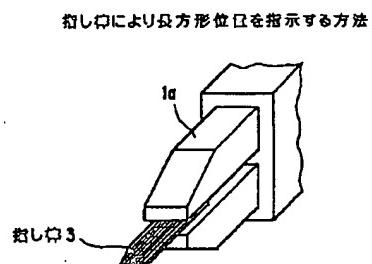
【図1】



【図2】

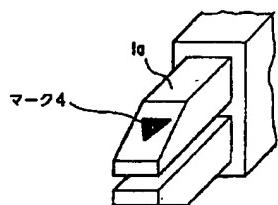


【図3】

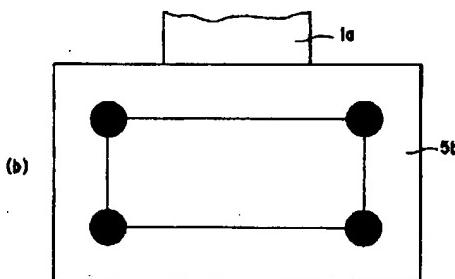
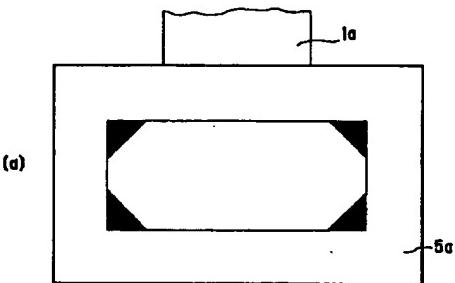


【図4】

ロボットに付けたマークにより長方形位置を指示する方法

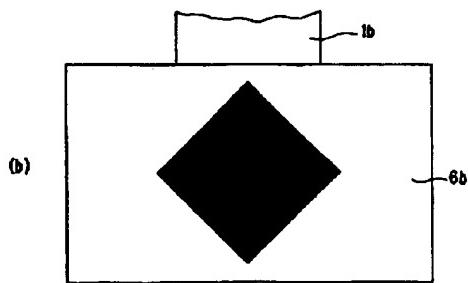
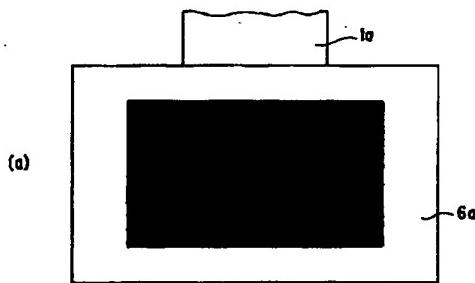


【図5】

長方形の頂点の位置にマークを
付けたプレートを用いる方法

【図6】

長方形を描いたプレートを用いる方法



【図7】

ロボットアーム装置とステレオ画像計測装置の
自動キャリブレーション